

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-027221

(43)Date of publication of application : 30.01.1990

(51)Int.Cl.

G01F 1/68

(21)Application number : 63-177118

(71)Applicant : HITACHI METALS LTD

(22)Date of filing : 18.07.1988

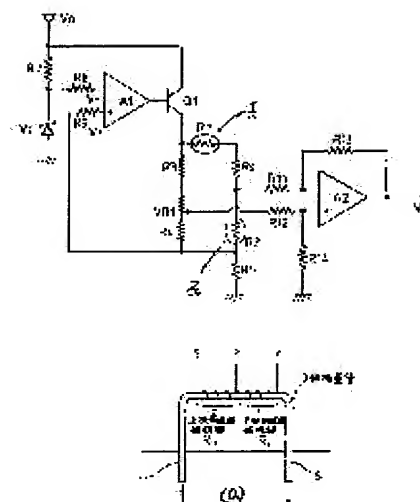
(72)Inventor : SHIMOE OSAMU  
WATABE YOSHIYUKI

## (54) MASS FLOW CONTROLLER

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To achieve a higher temperature characteristic by connecting a resistor with a value of below a specified percentage of a resistance value of a thermal resistance wire in series to the thermal resistance wire.

**CONSTITUTION:** In a mass flow controller which uses a thermal flow rate sensor provided with a downstream thermal resistance wire 1 and an upstream thermal resistance wire 2 on the circumference of a fine flow tube 3, a resistor R4 with a value of below 2% of a resistance value thereof is connected in series to the resistance wires 1 and 2 on the side of R1 (or R2) of the resistor R1 and R2 thereof 1 and 2. Therefore, a resistance value increases by 2% while a temperature coefficient decreases by almost 2%. This enables external correction of the temperature coefficients of the thermal resistance wires along with a limited drift for a change in the resistance value itself and the drift is corrected by addition of an external resistor with due consideration given to this fact. In this manner, under a system of winding a thermal resistance wire, a temperature characteristic can be upgraded simply by connecting an external resistor.



4

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-27221

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)1月30日

G 01 F 1/68

7187-2F

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全7頁)

⑮ 発明の名称 マスフローコントローラ

⑯ 特 願 昭63-177118

⑰ 出 願 昭63(1988)7月18日

⑱ 発 明 者 下 江 治 埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地 日立金属株式会社磁性材料  
研究所内

⑲ 発 明 者 渡 部 嘉 幸 埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地 日立金属株式会社磁性材料  
研究所内

⑳ 出 願 人 日立金属株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

㉑ 代 理 人 弁理士 竹本 松司

明 細 書

1. 発明の名称

マスフローコントローラ

2. 特許請求の範囲

(1) 細流量管内を流れるガスによって生じる温度差によって電気抵抗が変化することを利用して質量流量に対応した電圧を出力する少なくとも2個の感熱抵抗線を細流量管の外周に設けた感熱流量センサを用いたマスフローコントローラにおいて、前記感熱抵抗線と直列に該感熱抵抗線の抵抗値の2%以下の値を持つ抵抗を接続した感熱流量センサを用いたことを特徴とするマスフローコントローラ。

(2) 前記感熱抵抗線と並列に該感熱抵抗線の抵抗値の50倍以上の値を持つ抵抗を接続した感熱流量センサを用いたことを特徴とするマスフローコントローラ。

(3) 前記感熱抵抗線と直列に該感熱抵抗線の抵抗値の2%以下の値を持つ抵抗を接続し、かつ前記感熱抵抗線と並列に該感熱抵抗線の抵

抗値の50倍以上の値を持つ抵抗を接続した感熱流量センサを用いたことを特徴とするマスフローコントローラ。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、ガス流量を精密に制御する際に使用されるマスフローコントローラに係り、特に感熱型流量センサの改良に関するものである。

[従来の技術]

従来、第10図の模式図に示すように、マスフローコントローラの感熱型流量センサとして、細流量管2の外周に下流側と上流側の2個の感熱抵抗線1、2を巻き纏ったセンサが広く用いられている。細流量管3はガスを分流して質量流量を求めるために用いられる。感熱抵抗線1、2は細流量管3の薄い壁を通して、常にほぼ一定の熱量をガスに与える。また、感熱抵抗線は、温度に応じてその抵抗値が変化する。ガスが図の矢印のように流入口4から流出口5の方向に流れると、上流側感熱抵抗線2から下流側感熱抵抗線1に熱を運

ぶので、上流側より下流側の方が温度が高くなる。

2個の感熱抵抗線は、入力電流が一定なブリッジ回路に組み込まれている。出力電圧は、温度差( $\Delta T$ )により生じる感熱抵抗線抵抗の差( $R_1 - R_2$ )に比例している。他の2つのパラメータである熱入力( $P$ )と比熱( $C_p$ )は共に一定である。比熱は、ガス粘度や熱伝導率と違い、置換パラメータとしては好ましいものである。というのは、比熱はガス固有のもので、温度や圧力が変わっても、広い範囲にわたってほぼ一定であるからである。

出力と質量流量とは本質的には直線関係にはないが、通常使用する範囲ではほぼ直線である。

第9図は前記ブリッジの構成を示す回路図である。

第9図において、 $R_1$ 、 $R_2$ はそれぞれ下流側感熱抵抗線1、上流側感熱抵抗線2の抵抗である。 $R_3$ 及び $R_4$ と $V_{R1}$ は $R_1$ と $R_2$ に対するブリッジの対辺抵抗である。このブリッジを駆動するトランジスタ $Q_1$ のコレクタが接続されている。

$$V_+ = I \times R_5$$

(但し、 $I$ はブリッジ駆動電流)

従って

$$V_z = I \times R_5$$

となり

$$I = V_z / R_5$$

が得られ、オペアンプ $A_1$ とブリッジ駆動用のトランジスタ $Q_1$ により、ブリッジ駆動電流 $I$ は定電流化される。

マスフローコントローラとして、例えば細流量管2の下流側と上流側にそれぞれ温度係数の異なる感熱抵抗線1、2を配し、各感熱抵抗線に供給する電流値を一定に保持し、ガスが流れることによって変化する感熱部分の温度分布を検出することにより、流量測定を行なうもの(例えば、特公昭56-23094号公報)や流体温度を調節することにより通過流体を条件づけ、流体が通過する時の熱交換作用において流体の温度を異なる温度値に変更し、これら温度調節と温度変更段階のうち少なくとも一方の段階で費されたエネルギー

ブリッジを流れる電流の検出抵抗 $R_5$ がブリッジに直列に接続されている。基準電圧 $V_z$ を発生するツェナーダイオードがあり、抵抗 $R_7$ を介して $V_{CL}$ (例えば+15V)に接続されている。検出抵抗 $R_5$ の出力電圧と基準電圧 $V_z$ とがそれぞれ抵抗 $R_9$ 、 $R_8$ を介してオペアンプ $A_1$ の入力に接続されている。オペアンプ $A_1$ の出力はブリッジ駆動用のトランジスタ $Q_1$ のベースに接続されている。

ブリッジバランス抵抗の中点及び感熱抵抗線同士の接続点からブリッジ出力を得ることができる。ブリッジ出力は抵抗 $R_{11}$ 、 $R_{12}$ 、 $R_{13}$ 、 $R_{14}$ で利得が決定されるオペアンプ $A_2$ の入力に接続される。従って、ガス流量により温度が変動すれば $R_1$ 、 $R_2$ の抵抗値が変化し、オペアンプ $A_2$ から出力 $V_0$ が得られる。

$A_1$ の利得が十分に大きいとすると、フィードバックによりオペアンプ $A_1$ の入力電圧 $V_+$ 、

$V_-$ は等しくなる。ここで

$$V_- = V_z$$

を表示するようにして流量測定を行なうもの(例えば、特開昭59-18423号公報)がある。

しかしながら、前者は温度分布が変化する速さが細流量管やその被覆物の熱容量の影響をうけるため応答性に欠ける欠点がある。また、後者は、応答速度は前者に比べると良好であるが、動作原理が熱線流速計と同一であるため、周囲温度の変化や流体の熱容量の違い等によってゼロ点変動し易いという欠点がある。この欠点を解決するため定温度回路を設ける事が提案されているが(特開昭62-13120号公報及び特開昭61-128123号公報)、回路の製造原価が高くなるため広く実用化されるには至っていないのが実状である。

[発明が解決しようとする課題]

本発明は上述の点に鑑みてなされたもので、従来の感温抵抗線を巻き線した方式のままで温度特性を向上させる事を目的とする。

一般に感温抵抗線を巻き線したセンサの温度特性は悪いと言われている。この原因は感熱型流量

センサの原理によると言われている。即ち細流型管内を流れるガスにより生じる温度差が小さいため、その温度差を電圧として取り出すブリッジ回路を含む直流増幅器の温度特性によりセンサの温度特性は決定される。

従って温度特性を向上させる方法として、増幅器に温度ドリフトの小さなものを使用する、あるいは温度センサを設け出力を補正すること等が考えられるが、これらの方法では原価が高くなるにも関わらず効果はすくない。

本発明者はセンサの特性について詳しい解析を行った結果、センサのドリフトは、センサ製造上で起こる2個の感熱抵抗線の抵抗値の不揃いや、放熱、抵抗温度係数のアンバランスが原因であることが明確となった。

つまり従来のセンサは、2個の感熱抵抗線を全く同一の条件で作成できないため、ドリフトを持つという欠点を有していた。

[課題を解決するための手段]

上記課題を解決するために本発明は、細流型管

内を流れるガスによって生じる温度差によって電気抵抗が変化することを利用して質量流量に対応した電圧を出力する少なくとも2個の感熱抵抗線を細流型管の外周に設けた感熱流量センサを用いたマスフローコントローラにおいて、前記感熱抵抗線と直列に該感熱抵抗線の抵抗値の2%以下の値を持つ抵抗を接続した感熱流量センサを用いたことを特徴とするマスフローコントローラである。

そして、前記感熱抵抗線と並列に該感熱抵抗線の抵抗値の50倍以上の値を持つ抵抗を接続した感熱流量センサを用いたものである。

さらに、前記感熱抵抗線と直列に該感熱抵抗線の抵抗値の2%以下の値を持つ抵抗を接続し、かつ前記感熱抵抗線と並列に該感熱抵抗線の抵抗値の50倍以上の値を持つ抵抗を接続した感熱流量センサを用いたものである。

本発明は、ドリフトを補正するため積極的に温度係数を外部から動かそうとするものである。

下流側感熱抵抗線1の抵抗 $R_1$ の温度係数を $\alpha$ とすると、抵抗値は(1)式で表わされる。

$$R_1 = R_0 (1 + \alpha T) \quad \dots (1)$$

$R_0$  : 基準温度の時の抵抗値

$T$  : 温度

この抵抗に $R_s$ なる抵抗を直列に接続する。

$$\text{ここで、} R_s = R_0 / N \quad \dots (2)$$

とおくと合成抵抗 $R$ は(3)式のようにになる。

$$R = \frac{N+1}{N} R_0 (1 + \frac{N}{N+1} \alpha T) \quad \dots (3)$$

同様に $R_p$ なる抵抗を並列に接続した場合を考える。

$$R_p = n R_0 \quad \dots (4)$$

とおくと合成抵抗 $R$ は(5)式のようにになる。

$$R = \frac{n}{n+1} R_0 (1 + \frac{n}{n+1} \alpha T) \quad \dots (5)$$

今、 $N = 50$ とすると、 $\frac{N+1}{N} = 1.02$ 、

$\frac{n}{n+1} \approx 0.98$ となるので、(3)式は感熱抵抗線1にその2%の抵抗値を持つ抵抗 $R_s$ を直列に

接続すると抵抗値は2%増加し、温度係数はほぼ2%減少することを示している。

一方、(5)式では、 $n = 50$ とすると

$\frac{n}{n+1} \approx 0.98$ となるので、50倍の抵抗値を持つ抵抗を並列に付加することにより、抵抗値も温度係数もほぼ2%減少することを示している。

このように感熱抵抗線の温度係数を外部で補正できることが分った。また抵抗値そのものの変化に対するドリフトは小さく、それを含めて考えても外部抵抗の付加により、ドリフトを補正することが可能である。

第11図は、感熱抵抗線の抵抗値の差異によるセンサの零点ドリフトの解析結果であり、下流側感熱抵抗線1が上流側感熱抵抗線2に比較して4%、8%、12%、16%、20%大きい場合の流量が零の時のブリッジ出力を示したものである。感熱抵抗線の抵抗値が20%異なった場合1.5mVの出力ドリフトが発生する。

第1図において、

$$R_1 = R_{10} (1 + \alpha_1 T)$$

$$R_2 = R_{20} (1 + \alpha_2 T)$$

ここで、 $R_{10}$ 、 $R_{20}$ はそれぞれ $R_1$ 、 $R_2$ の基準温度における抵抗値である。

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha \quad 4700 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$$

$$R_{10} = R_{20} (1 + D) \quad R_{10}: 50 \Omega \sim 25^\circ\text{C}$$

において  $0 \leq D \leq 0.2$

である。

第12図は感熱抵抗線の温度係数の差異によるセンサの零点ドリフトの解析結果であり、下流側感熱抵抗線1が上流側感熱抵抗線2に比較して0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1%大きい場合の流量が零の時の出力を示したものである。

第12図において、

$$R_1 = R_{10} (1 + \alpha_1 T)$$

$$R_2 = R_{20} (1 + \alpha_2 T)$$

$$\alpha_1 \neq \alpha_2$$

$$R_{10} = R_{20}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 (1 + H) \quad 0 \leq H \leq 0.01$$

め、本発明では付加抵抗による温度係数の変化幅を2%に抑えた。

〔実施例〕

以下、本発明の実施例に基づき、より詳細に説明する。

細流量管として外径0.6mm、肉厚30μmのステンレスパイプを使用して第1図に示すような構成で感熱型流量センサを作成した。感熱抵抗線を10mmの幅に渡って巻き付けた。1つの抵抗線の抵抗値は50Ωであった。抵抗線に定電流制御方式で電流を0.05A流しセンサを加熱した。加熱時の抵抗値は周囲温度が25℃の時75Ωであった。

第14図は零点ドリフト補正例を示す実験結果であり、 $R_2$ 側に並列抵抗 $R_p$ としてそれぞれ4.7KΩ、10KΩ、22KΩ、47KΩを接続した場合を示す。

この図より改善前即ち抵抗 $\infty$ で並列抵抗 $R_p$ が付いていなかった場合、0.4mVあったドリフトが4.7KΩの抵抗を並列に付加するのみで

である。

温度係数が1%異なる場合には、約3mVのドリフトが発生する。

このように、抵抗値の放熱、抵抗温度係数の差異等についてドリフトを計算した結果、温度係数の差異が最も大きなドリフトの要因であることが分った。

第13図に、下流側感熱抵抗線1が上流側感熱抵抗線2の20%増の抵抗値を仮定した場合、上流側感熱抵抗線2に並列抵抗 $R_p$ としてそれぞれ10KΩ、20KΩ、30KΩ、40KΩ、50KΩ付加し零点ドリフトを補正した例（解析結果）を示す。20KΩの抵抗によりドリフトは最小となることが分る。

第13図において、

$$R_{10} = R_{20} (1 + 0.2)$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 (1 + H)$$

$R_2$ 側に付けた並列抵抗 $R_p$ によってHを動かしたことになる。

通常製造上のセンサのバラツキは2%以内のた

0.1mVのドリフトに減少することが分る。

第1図は $R_2$ 側に並列抵抗 $R_p$ を付けた場合のブリッジ回路図であるが、第2図のように並列抵抗 $R_p$ は $R_1$ 側に付けてもよい。また第3図のように並列抵抗 $R_{p1}$ 、 $R_{p2}$ を、それぞれ $R_1$ 側と $R_2$ 側につけてもよいが、この場合には調整のために抵抗 $V R_2$ を入れる必要がある。

さらに、第4図、第5図のように直列抵抗 $R_s$ を $R_1$ または $R_2$ 側に付けても同じような効果が得られる。また第6図のように直列抵抗 $R_{s1}$ 、 $R_{s2}$ をそれぞれ $R_1$ 側と $R_2$ 側につけてもよいが、この場合には調整のために抵抗 $V R_2$ を入れる必要がある。

なお、第7図のように並列抵抗 $R_p$ を $R_1$ 側に付け、直列抵抗 $R_s$ を $R_2$ 側につけた場合、また第8図のように直列抵抗 $R_s$ を $R_1$ 側に付け、並列抵抗 $R_p$ を $R_2$ 側につけた場合も考えられるが、複雑になり過ぎて実用上余り意味は出てこない。

〔発明の効果〕

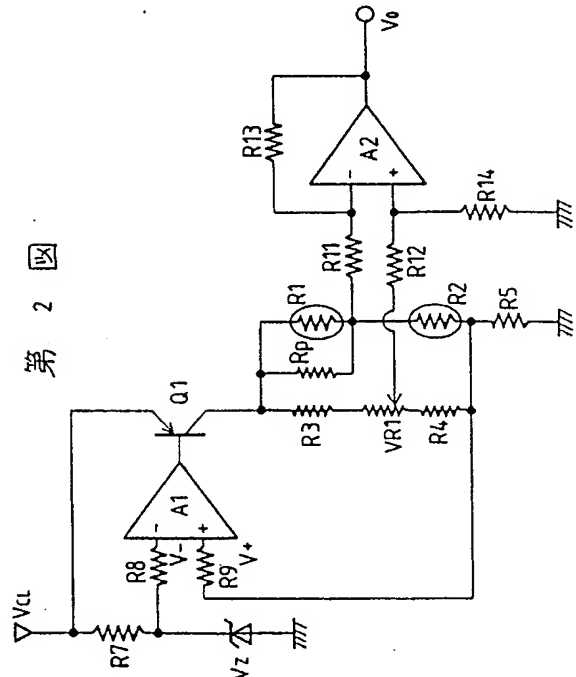
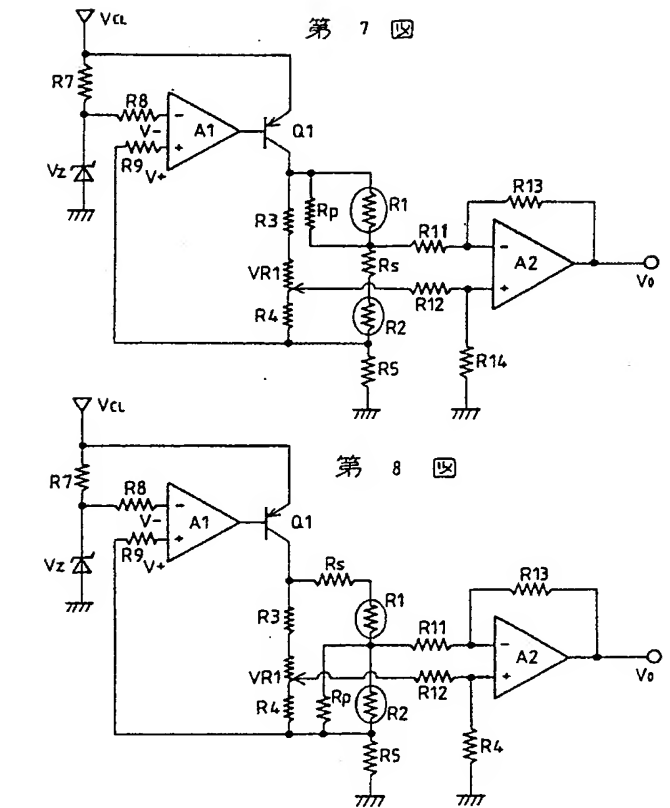
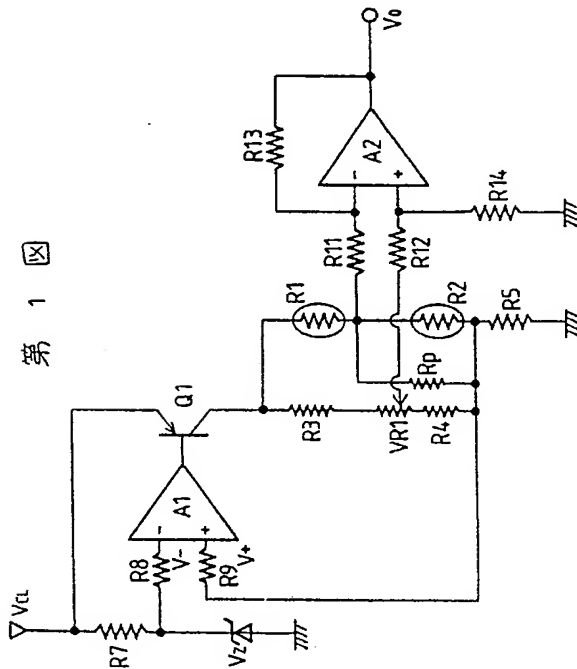
以上詳述したように、本発明は従来の感温抵抗

線を巻き線した方式のままで外部抵抗を接続するだけで温度特性を飛躍的に向上させる事が可能となり工業上極めて有効である。

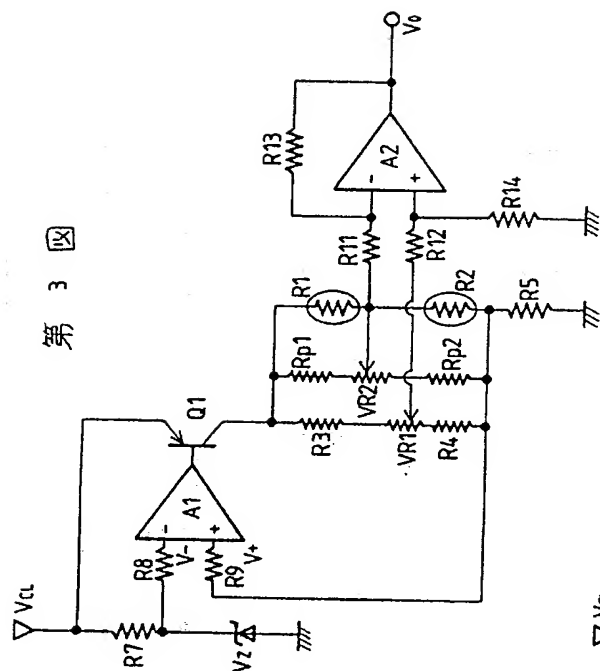
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図～第8図は本発明のマスフローコントローラに用いる感熱型流通センサのセンサ信号取出のブリッジ回路図、第9図は従来のマスフローコントローラに用いる感熱型流通センサのセンサ信号取出のブリッジ回路図、第10図は感熱型流量センサの模式図、第11図は感熱抵抗線の抵抗値の差異によるセンサの零点ドリフトの解析結果を示す図、第12図は感熱抵抗線の温度係数の差異によるセンサの零点ドリフトの解析結果を示す図、第13図、第14図はそれぞれ上流側感熱抵抗線に並列抵抗を付加し零点ドリフトを補正した例の解析結果と実験結果を示す図である。

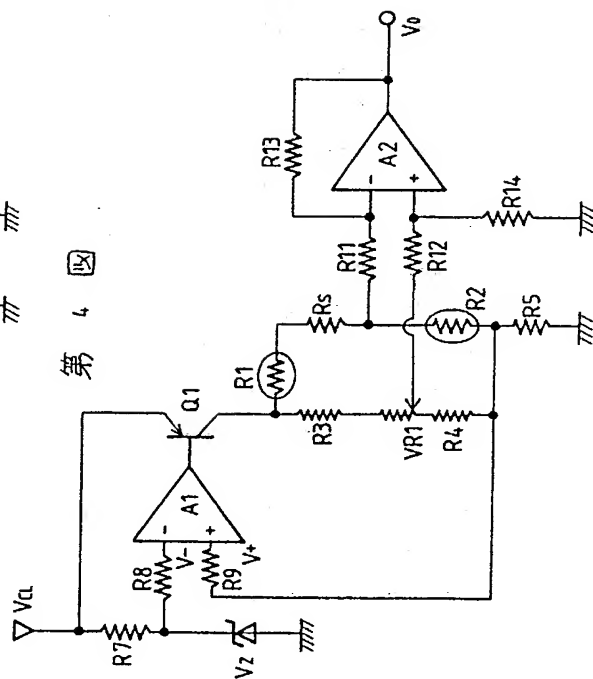
1…下流側感熱抵抗線、2…上流側感熱抵抗線、3…細流電管、 $R_s$ 、 $R_{s1}$ 、 $R_{s2}$ …直列付加抵抗、 $R_p$ 、 $R_{p1}$ 、 $R_{p2}$ …並列付加抵抗。



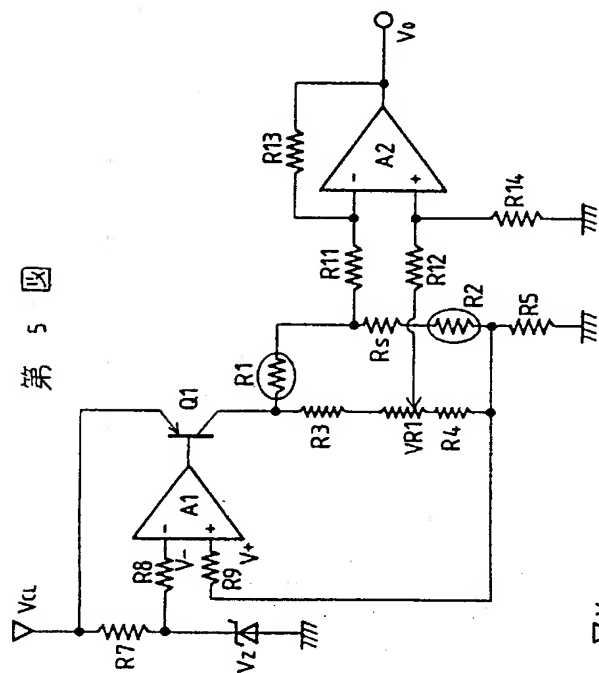
第 3 図



第 4 図



第 5 図



第 6 図

